

УДК 629.4.014.275:629.4.083

КРАШЕНИНИН А.С., к.т.н. (УкрДАЗТ);
 ШАПАТИНА О.А., аспірант (УкрДАЗТ);
 МАТВИЄНКО С.А., аспірант (УкрДАЗТ);
 ЗЕЗЮЛИН К.А., аспірант (УкрДАЗТ).

Оценка периодичности технического обслуживания и ремонта в период посленормативных сроков эксплуатации ТПС

На сегодняшний день перед отраслью поставлена непростая задача, касающаяся поддержки необходимого уровня технического состояния ТПС в условиях ограниченных финансовых возможностей железной дороги. Концептуально оценка срока эксплуатации ТПС оценивается тремя методами:

1. Модернизация после достижения предельного срока эксплуатации
2. Продление эксплуатационных сроков без модернизации
3. Модернизация подвижного состава с учетом диагностирования оборудования

Графически это можно представить следующим образом

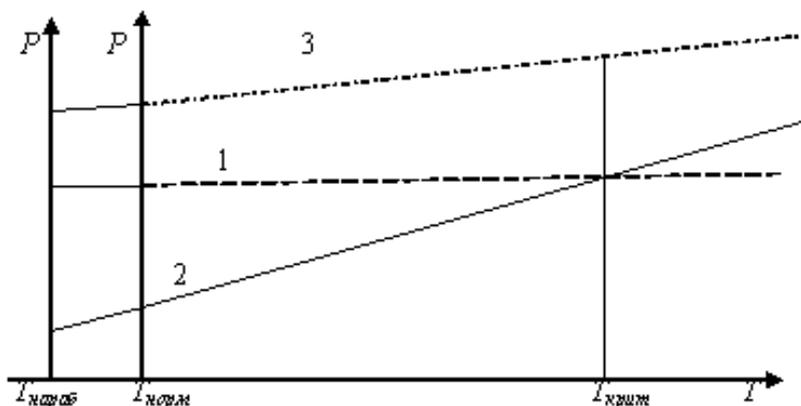


Рис.1. - Графическое представление изменения величины надежности в зависимости от метода эксплуатации ТПС

Таким образом, видно, что существует несколько вариантов продления нормативного срока эксплуатации. Первый – продолжить эксплуатацию ТПС без какой-либо модернизации, до полного износа, что является малоэффективным. Второй способ продление срока эксплуатации путем модернизации процедур технических обслуживаний (ТО) и текущих ремонтов (ТР). Последний способ предполагает собой диагностирование оборудования ТПС.

Рассмотрим математическую постановку задачи.

Критерий эффективности тягового подвижного состава (P) зависит от числа проводимых ТО и ТР (n) на протяжении жизненного цикла ТПС (M), а так же от временных интервалов m_1, m_2, \dots, m_n между ТО и ТР выраженных через количество периодов.

Таким образом $P=P(n, M, m_1, m_2, \dots, m_n)$, причем требуется найти параметры

n, m_1, m_2, \dots, m_n , а также продолжительность жизненного цикла ТПС, в течение которого значение критерия P было бы не ниже заданного критического значения $P_{\text{крит}}$. При этом моменты ТО,ТР во-первых должны быть кратны определенным значениям d_1, d_2, \dots, d_p и, во-вторых, каждому значению d_j должен приписываться коэффициент γ_j ($0 \leq \gamma_j \leq 1$), характеризующий уменьшение отказов оборудования после i -го ТО,ТР. Продолжительность жизненного цикла ТРС выбирается из условия совпадения моментов ближайших ТО,ТР. В качестве исходной информации будем считать известным поведение интенсивности отказов оборудования c_0, c_1, c_2 без учета ТО,ТР в течение достаточно большого периода \overline{M} . Интенсивности отказов выражаются функциями $k_m^{(0)}\lambda_1, k_m^{(0)}\lambda_1, k_m^{(0)}\lambda_2$, где $k_m^{(0)}$ - некоторые монотонно возрастающие функции аргумента m а $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$ - интенсивности отказов оборудования на первом периоде. Не принимая во внимание проводимые ТО,ТР можно определить значение критерия $P_m^{(0)}$ для каждого периода m ($1 \leq m \leq \overline{M}$).

Математически поставленная задача может быть записана следующим образом: найти длительность жизненного цикла M , количество проводимых ТО,ТР в течение жизненного цикла и моменты проведения ТО,ТР m_1, m_2, \dots, m_n , такие, чтобы:

1. $0 < m_1 < m_2 < \dots < m_n < M$;
2. Для каждого $i=1, 2, \dots, n$ существовало d_j , такое, что m_i кратно d_j ;
3. $P = P(n, M, m_1, m_2, \dots, m_n) \geq P_{\text{крит}}$.

При этом значение n должно быть минимальным: $n \rightarrow \min$.

Это сводится к задаче с дискретной оптимизацией с неопределенным заранее количеством неизвестных величин. Рассмотрим алгоритм решения поставленной задачи. Состоящий из следующих пунктов:

1. Если при всех m ($1 \leq m \leq \overline{M}$) $P_m^{(0)} \geq P_{\text{крит}}$, то ТО,ТР проводить не нужно, т.к. предельный уровень эффективности системы сохраняется на всем жизненном цикле ТРС $M = \overline{M}$.

2. Если уровень эффективности даже на начальном этапе эксплуатации меньше критического, т.е. $P_1^{(0)} \leq P_{\text{крит}}$, то система имеет слишком малую надежность. Жизненный цикл равен нулю.

3. Пусть $P_M^{(0)} < P_{\text{крит}} < P_1^{(0)}$

Предполагаем $i=0, m_0=1$

4. По функции $P_m^{(i)}$ на промежутке $[m_i; \overline{M}]$ определяется значение $m = m_{\text{крит}}$, для которого $P_m^{(i)} = P_{\text{крит}}$.

5. Значение i увеличивается на 1, т.е. $i = i + 1$

6. Среди всех чисел кратных $d_j, j=1, 2, \dots, p$, определяется значение $m_i = kd_j$ (k - целое), удовлетворяющее неравенству $kd_j \leq m_{\text{крит}} < (k+1)d_j$ для которого разность $(m_{\text{крит}} - kd_j)$ минимальна. Тем самым определен номер j характеризующий вид ТО,ТР и соответствующий коэффициент γ_j

7. Если $m_i = m_{i-1}$, то число проводимых ТО,ТР полагается равным $n=0$, при $i=1$; $n = i-2$, при $i \geq 2$; длительность жизненного цикла берется $M = 0$, при $i=1$; $M = m_{i-1}$ при $i \geq 2$ и осуществляется выход из алгоритма

8. На промежутке $[m_i; \overline{M}]$ берутся новые интенсивности переходов оборудования c_0, c_1, c_2 , равные соответственно $k_m^{(i)}\lambda_0, k_m^{(i)}\lambda_1, k_m^{(i)}\lambda_2$, где

$$k_m^{(i)} = k_m^{(i-1)} - \gamma_i(k_{m_i}^{(i-1)} - k_{m_{i-1}}^{(i-1)})$$

Эти интенсивности однозначно определяют критерий эффективности $P_m^{(i)}$ объекта; далее производится переход к шагу 4 алгоритма.

Рассмотрим графически готовность системы для трех различных зависимостей:

1. линейная зависимость:

$$k = 1 + 0.01(m - 1),$$

2. Квадратическая зависимость:

$$k = 1 + 0.01 \frac{(m-1)^2}{M-1},$$

Экспоненциальная зависимость:

$$k = (1 + 0.01(M-1))^{\frac{(m-1)}{M-1}}$$

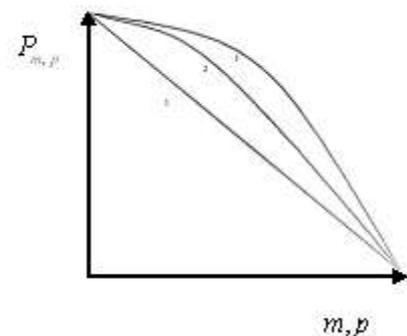


Рис.2. - График зависимости коэффициента надежности от длительности периода эксплуатации для трех различных зависимостей $P(m)$

Выводы

1. Предложенная модель уточняет стратегию обслуживания и ремонта ТПС в посленормативный срок эксплуатации, базируясь на внедрении современных методов диагностики и оборудования ТПС.

2. На стадии обоснования оценки эффективности продления срока эксплуатации конкретного ТПС необходимо

проводить индивидуальное диагностирование узлов.

Литература

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности Санкт-Петербург. "БХВ - Петербург", 2004, 541-550с.

2. Базовский И.Л. Надежность. Теория и Практика.- М.: Мир, 1965, 373с

3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем.- М.: Высшая школа, 1982, 231с.

4. Барзилович Е.Ю. и др. Вопросы математической теории надежности.- М.: Радио и связь, 1983, 356с.

Аннотации:

В статье рассмотрена модель, позволяющая определить оптимальные периодичности технического обслуживания и ремонта ТПС в посленормативный период его эксплуатации. Предложено выражение критерия эффективности эксплуатации ТПС и алгоритм решения оптимизационной задачи.

У статті розглянута модель, яка дозволяє визначити оптимальні періодичності технічного обслуговування та ремонту ТПС у післянормативний термін його експлуатації. Запропоновано вираз критерію ефективності експлуатації ТПС та алгоритм розв'язку оптимізаційної задачі.

In article stated a model that allows to determine the optimal frequency of maintenance and repair of locomotives in poslenormativny during its operation. Expression of efficiency-criterion of locomotives operation and also decision algorithm of an optimizing problem are offered.